

PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN SISTEM BIOREAKTOR DUA FASE (WASTEWATER TREATMENT USING TWO – PHASE BIORECTOR SYSTEM)

Oleh :
Endang Suriadi

Abstract :

Wastewater treatment using two-phase bioreactor system has been executed. The reactor was continuously operated for 102 days. The analysis of treated water was once in three days started at fifteen days of the operation. It was found out that pH was ranging from (7.79 to 8.43), ORP (-439 to -462)mV, and MLSS concentration at the biobed part of the methanogenic reactor appeared to get more and more. Removal rate of COD was ranging from 76.76 to 98.68%. It was not affected by fluctuating and/or increasing COD concentration. The longer the reactor was operated the higher the COD content was removed.

Intisari :

Telah dilakukan penelitian pengolahan limbah menggunakan sistem bioreactor dua fase. Bioreaktor dioperasikan selama 102 hari. Analisis air terolah adalah tiga hari sekali dimulai pada hari ke 15 operasi. Hasilnya diketahui bahwa pH berkisar antara (7,70 – 8,43), ORP (-439 - -462)mV, dan konsentrasi MLSS pada bagian biobed reaktor metanogenik nampak semakin lama semakin banyak. Laju penyisihan COD berkisar antara (76,76 – 98,68%). Penyisihan tersebut tidak dipengaruhi oleh fluktuasi dan/atau meningkatnya konsentrasi COD. Semakin lama bioreaktor dioperasikan semakin tinggi kandungan COD yang disisihkan.

PENDAHULUAN

Dalam pengolahan air limbah secara anorganik, proses degradasi bahan organik terdiri dari tiga fase. Pertama adalah proses hidrolisis bahan organik bermolekul besar, seperti protein, karbohidrat dan lemak menjadi asam-asam amino, karbohidrat sederhana dan asam lemak tinggi. Kedua adalah proses pembentukan bahan-bahan organik yang terdepolimerisasi menjadi asam lemak yang lebih rendah, seperti asam asetat, butirat dan propinat. Ketiga adalah proses gasifikasi dari asam lemak yang lebih rendah menjadi metan dan asam karbonat. Secara umum, tahap pertama dan kedua disebut fase asidogenik dan ketiga disebut fase metanogenik. Pada pengolahan

air limbah dengan menggunakan satu bioreaktor berbagai jenis mikroorganisme turut serta dalam fase asidogenik maupun metanogenik. Oleh karena itu sulit untuk mempertahankan kondisi optimum bagi mikroorganisme yang berbeda dengan cara pengendalian proses. Hal ini menyebabkan berbagai masalah, antara lain rendahnya pelaksanaan penyisihan substrat, terakumulasinya asam-asam organik dan menurunnya jumlah gas yang dihasilkan. Kestabilan dan kehandalan pengolahan tidak dapat dipenuhi dengan sistem ini. Pada pengolahan dengan sistem biorektor dua fase, fase asidogenik dan metanogenik dibuat secara terpisah. Masing-masing reaksi mikroorganisme berlangsung dalam reaktor yang terpisah, maka efisiensi pengolahan dan kestabilan

dapat ditingkatkan pada kondisi optimum Keistimewaan khusus sistem ini adalah 1). Pengawasan kedua mudah dilaksanakan fase reaksi, kestabilan pengolahan dapat ditingkatkan, operasi dan pemeliharaan reaktor menjadi mudah. 2). Dapat melaksanakan pengolahan pada bahan organik dengan beban yang tinggi. 3). Memungkinkan menghilangkan komponen sulfur dalam reaktor asidogenik yang merupakan bahan penghambat bagi bakteri metanogenik dan oleh karenanya reaktor metanogenik menjadi stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dan kestabilan pengolahan akibat kandungan COD yang berfluktuatif dan konsentrasinya semakin meningkat terhadap laju penyisihan COD (removal rate COD).

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan peralatan

- Air limbah kecap
- Lumpur aktif
- Larutan hidroksida 5%
- Bahan kimia untuk analisis COD
- Satu set peralatan pengolahan air limbah berkapasitas 2,5 l seperti terlihat pada gambar 1.

B. Metode Pengolahan

- Kedalam reaktor asidogenik dan metanogenik, masing-masing dimasukan 2,5l dan 1,0l air limbah. Kedalam reaktor metanogenik ditambahkan lumpur aktif sebanyak 50% dari volume reaktor
- Pengaduk yang dilengkapi baling-baling dijalankan dengan kecepatan 10 rpm dan air hangat (35°C) disirkulasi ke dalam jaket reaktor.

- Selanjutnya air limbah dari tangki umpan dipompakan dengan kecepatan 100 ml/jam ke dalam reaktor asetogenik. Sebelum masuk ke dalam reaktor metanogenik, air terolah dari reaktor asidogenik dinetralkan terlebih dahulu dengan NaOH 5% dalam tangki pengaduk (C).
- Aklimatisasi di lakukan selama 14 hari. Selanjutnya air terolah dianalisis 3 hari sekali dimulai pada hari ke 15.

C. Metode Statistika

Statistika yang digunakan adalah analisis korelasi dan regulasi dengan dua variabel. Variabel bebas (prediktor/argumen) adalah x, yaitu lama berlalunya waktu pengolahan dan variabel tak bebas (respon/hasil) adalah y, yaitu laju penyisihan COD, dengan persamaan regresi y atas x berbentuk $y = f(x)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

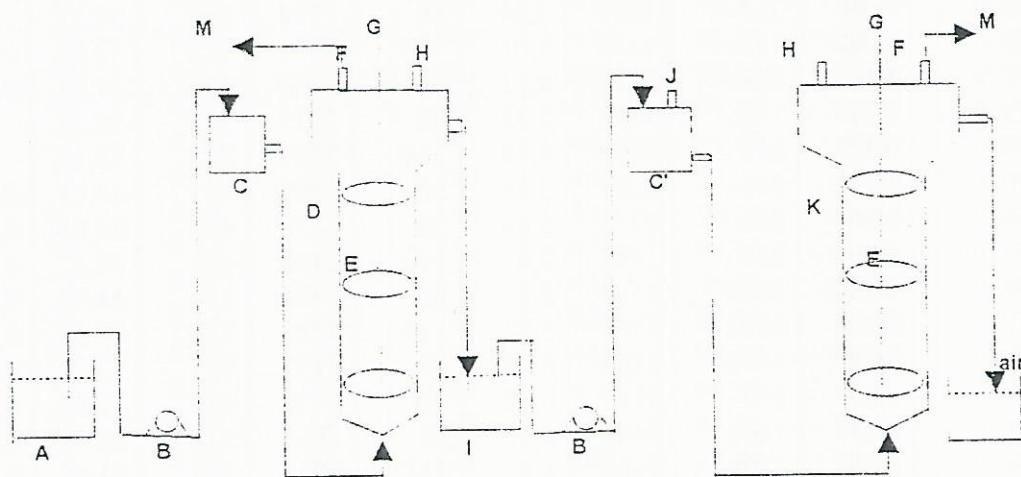
Reaktor dioperasikan secara kontinyu selama 102 hari. Waktu aklimatisasi bakteri (lumpur aktif) selama 14 hari. Air terolah (treated water) dianalisis 3 hari sekali, dimulai pada hari ke 15 dari periode pengolahan. Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Pada tabel 1 (asidifikasi) terlihat bahwa walaupun reaktor tersebut tidak diberi lumpur aktif, terjadi penurunan konsentrasi COD namun persentase penyisihan kecil. Penurunan konsentrasi ini mungkin disebabkan oleh adanya bakteri fermentatif seperti streptococci, bacteriodes dan beberapa jenis enterobacteriaceae ataupun dari kelompok bakteri asetogenik seperti desulfovibrio dan methanobacillus yang mungkin telah tersedia secara alami di dalam air limbah.

Selama fermentasi dalam kondisi stadia asam, karbohidrat diurai menjadi molekul yang lebih sederhana seperti asam lemak, asetat, butirat dan asam propionat. Selanjutnya selama regresi dalam stadia asam, terjadi dekomposisi asam organik

dan senyawa nitrogen terlarut membentuk amoniak, amina, asam karbonat dan sebagian kecil gas karbon dioksida, nitrogen, hidrogen sulfida, indol, skatol dan mercaptan, untuk itu walaupun efektifitasnya kecil, terjadi penyisihan COD.

Gambar 1. Diagram Alir air sistem bioreactor dua fase



Catatan :

- A = tangki umpan (feeding tank)
- B = pompa
- C = tangki pencampur (mixing tank)
- D = reaktor asidogenik
- E = propeler pengaduk (stirring propeller)
- F = gas holder
- G = pengaduk (stirrer)
- H = termometer
- I = tangki perantara
- C= tangki pengaduk yang dilengkapi alat netralasi
- K = reaktor metanogenik
- L = air olahan (treated water)
- M= slang tangki gas

Tabel 1. Data awal konsentrasi COD dan setelah proses asidifikasi (fase asidogenetik)

Hari ke	Awal			Asidogenik					
	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	ORP (mV)	RR (%)	GGR (g/l)
15	5,81	160	1532	5,67	24	1480	380	3,39	-
18	5,62	140	1119	5,24	46	1072	308	4,20	-
21	5,41	145	1348	5,61	38	1036	298	23,15	0,119
24	3,71	228	2028	4,03	28	1332	305	34,76	0,058
27	6,38	182	1603	5,53	42	1190	323	25,74	-
30	4,93	208	2160	4,87	49	1431	317	33,75	-
33	4,02	179	3249	5,06	56	1188	336	63,43	0,04
36	6,59	236	1887	5,04	96	1278	315	32,27	-
39	5,78	145	3344	5,01	104	2273	312	32,03	-
42	5,03	218	5093	4,61	72	3166	332	37,85	0,021
45	5,62	112	4593	5,23	58	2225	321	51,58	-
48	4,83	680	3709	4,88	114	2407	332	35,10	-
51	4,16	540	4299	5,24	98	2409	431	44,01	0,078
54	4,69	800	4777	5,04	56	3356	452	29,64	0,173
57	6,24	560	3982	7,01	112	2418	461	39,27	0,104
60	4,79	2840	6599	5,52	84	3698	354	44,00	0,084
63	5,12	1692	7558	5,82	114	4323	356	42,80	0,204
66	4,89	1400	6769	6,21	56	3197	357	52,77	0,206
69	6,07	800	9719	6,58	96	2170	415	77,87	0,085
72	4,77	1460	8466	6,30	88	3661	372	56,75	0,243
75	5,25	1200	7966	6,84	112	3054	384	61,66	0,100
78	5,59	816	17038	6,25	56	2154	395	87,35	0,024
81	4,88	742	7079	6,65	98	2657	378	62,21	0,265
84	5,39	540	9624	6,90	76	2053	406	78,87	0,101
87	4,74	238	8510	6,67	43	3205	390	62,21	0,260
90	5,50	214	20252	6,79	77	2071	428	89,70	0,030
93	4,70	160	8454	6,47	45	4450	368	47,36	0,308
96	4,89	231	10145	6,74	78	4738	388	53,30	0,325
99	4,81	940	12628	6,61	180	4687	416	62,90	0,239
102	5,03	720	9504	6,39	112	4050	441	57,38	0,349

RR = Angka penyisihan COD

GGR = Gas yang dihasilkan

Tabel 2. Air limbah setelah proses metanisasi (fase metanogenik)

Hari ke	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	ORP (mV)	TRR (%)	RR (%)	GGR (g/l)
15	7,79	12	321	439	79,05	78,31	0,282
18	8,08	8	260	440	76,76	75,75	0,302
21	7,99	10	174	439	87,09	83,20	0,361
24	7,91	20	159	440	92,16	87,98	0,210
27	7,93	16	184	444	88,49	84,45	0,244
30	8,39	12	180	439	91,67	87,42	0,196
33	8,25	32	187	438	94,24	84,26	0,245
36	8,37	24	190	441	89,90	85,13	0,225
39	8,39	18	307	412	90,82	84,49	0,270
42	8,44	56	309	450	93,92	90,21	0,172
45	8,43	42	283	441	93,83	87,24	0,252
48	8,07	44	308	452	91,68	87,49	0,253
51	8,23	46	361	461	91,60	85,00	0,279
54	8,20	20	360	462	92,24	89,24	0,286
57	8,14	28	383	456	90,38	84,16	0,281
60	8,33	20	335	454	94,62	90,94	0,291
63	8,06	22	270	457	96,43	93,75	0,242
66	8,12	44	291	454	95,70	90,90	0,393
69	8,32	20	189	449	98,08	91,29	0,451
72	8,06	26	289	452	96,59	92,11	0,245
75	8,09	44	373	445	95,52	87,84	0,152
78	8,04	42	231	446	98,64	89,28	0,297
81	7,99	12	180	444	97,46	93,27	0,196
84	7,88	28	236	442	97,55	88,50	0,294
87	8,15	26	388	440	95,54	87,88	0,138
90	7,93	12	369	460	98,18	82,18	0,428
93	8,17	18	441	448	94,68	85,60	0,234
96	8,02	28	472	457	95,57	90,04	0,303
99	8,18	24	495	456	96,08	89,44	0,100
102	8,22	28	364	464	96,17	91,01	0,194

TRR = Total angka penyisihan COD (proses asidifikasi dan metanisasi)

Umumnya mikroorganisme tidak toleran terhadap pH di atas 9,5 dan di bawah 4,0. pH optimum untuk pertumbuhan organisme anaerobik antara 6,6 – 7,6. Bila pH di bawah 6,6 maka bakteri metan tidak dapat mendestruksi selulosa dan senyawa nitrogen sehingga tidak dapat menghasilkan gas metan secara efektif. Untuk itu air terolah dari proses asidifikasi sebelum masuk ke dalam reaktor metanisasi dinetralkan terlebih dahulu dengan basa dan di set pada pH 7,0. Pada tabel 2 terlihat bahwa pH berkisar antara (7,79 – 8,44), ORP (-412 - -464) dan MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) pada biobed reaktor metanogenik nampak bertambah banyak. Hal ini mengindikasikan bahwa bakteri metan seperti methanobactericeae, methanobacillus, methanosarcina dan methanococcus mungkin tumbuh dengan baik di dalam reaktor tersebut. Keadaan ini ditunjukkan pula bahwa fluktuasi penyisihan COD berada dalam kategori baik, rata-ratanya di atas 80% dan berdasarkan garis regresi, koefisien arahnya menunjukkan adanya peningkatan laju penyisihan COD. Berdasarkan pengujian statistik ternyata didapatkan korelasi positif ($r = + 0,887$) antara lama pengolahan (x) dan laju penyisihan COD (y). Besarnya hubungan tersebut ditentukan oleh koefisien determinasi ($r^2 = 0,787$) atau sebesar 79%. Meningkatnya laju penyisihan sebesar 79% dapat dijelaskan oleh hubungan liniernya, yaitu $y = 86,14 + 0,16x$ dengan varian atau rata-rata kuadrat penyimpangan sekitar regresi, $S_{y,x}^2 = 4,444$ atau standar deviasinya sebesar 2,108. Dari persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa untuk setiap lama berlalunya waktu pengolahan bertambah

satu hari, maka rata-rata laju penyisihan COD bertambah 0,16%.

KESIMPULAN

1. Kisaran pH (7,79 – 8,44), ORP (-412 - -464)mV dan MLSS nampak bertambah banyak adalah nerupa-kan kondisi yang memungkinkan dan mengindikasikan bahwa pada fase metanogenik bakteri tersebut dapat tumbuh dengan baik.
2. Fluktuasi persentase penyisihan COD pada fase metanogenik berada dalam kisaran kategori yang baik, angka penyisihan CODnya diatas 80%. Hal ini menunjukan bahwa pengolahan dengan sistem dua fase mempunyai ketabilan yang tinggi.
3. Pengolahan dapat mencapai kondisi optimum dengan laju penyisihan COD tertinggi 98,68% dan rata-rata laju penyisihan setiap hari bertambah 0,16 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. Industrial Polution Control, Vol. 1. Air and Water Revised, Tokyo Japan, 1989.
2. Anonim. Outline of Research and Development Results for New Waste Water Treatment System. Water Re-use Promotion Center, Japan, 1993.
3. Suriawiria, U. Pengolahan Buangan Secara Biologis. Mikrobiologi Institut Teknologi Bandung.
4. Sudjana. Metode Statistika. Penerbit Tarsito Bandung, 1980.

-----oooooo00000ooooo-----